动 物 学 研 究 2007, Aug. 28 (4): 353 - 361 CN 53 - 1040/Q ISSN 0254 - 5853
Zoological Research

云南大山包越冬黑颈鹤迁徙路线的卫星跟踪

高立波[1], 钱法文[1], 杨晓君[2,*], 伍和启[2], 李凤山[3]
(1. 中国林业科学研究院 森林生态环境与保护研究所 国家林业局森林保护学重点实验, 北京 100091;
2. 中国科学院昆明动物研究所, 云南 昆明 650223; 3. International Crane Foundation, Baraboo, Wisconsin 53913, USA)

摘要: 2005 年 2 月 26 日和 3 月 1 日在云南省昭通大山包黑颈鹤国家级自然保护区, 分别为 4 只越冬黑颈鹤佩戴卫星信号发射器 (PTTs), 跟踪研究其迁徙路线和迁徙停歇地。2005 年春季迁徙中, 有 2 只跟踪黑颈鹤到达繁殖地, 其中 1 只黑颈鹤在 2005 年 11 月和 2006 年 3 月分别完成从繁殖地返回越冬地和从越冬地再次到达繁殖地的迁徙过程。2 只春季迁徙黑颈鹤的迁徙路线大致相同——沿着长江上游金沙江、大渡河一直向北到达黄河上游白河及黑河沿岸若尔盖湿地内。春季迁徙过程中, 途中停歇 3—4 次, 总迁徙距离是 674—713 km, 迁徙全程所用时间 3—4 天。秋季迁徙全程所用时间 8 天。在 4 个 PTTs 工作期间, 共确定有 13 个黑颈鹤迁徙停歇地, 其中 11 个停歇地在河流滩地; 其他 2 个停歇地在高山湖泊附近。总体上, 黑颈鹤一般选择海拔在 1 900 m 以上湖泊、河流等湿地内, 距离耕地较近且人、畜干扰较少的栖息地停歇。

关键词: 黑颈鹤; 卫星跟踪; 迁徙路线; 云南大山包
中图分类号: Q959.726; Q958.13 **文献标识码**: A **文章编号**: 0254-5853(2007)04-0353-09

Satellite Tracking on the Migratory Routes of Wintering Black-necked Cranes at Dashanbao in Yunnan

GAO Li-bo[1], QIAN Fa-wen[1], YANG Xiao-jun[2,*], WU He-qi[2], LI Feng-shan[3]
(1. *The Key Open Laboratory of Forest Ecology Protection of State Forestry Administration, the Research Institute of Forestry Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forest, Beijing* 100091, *China*;
2. *Kunming Institute of Zoology, the Chinese Academy of Sciences, Kunming, Yunnan* 650223, *China*;
3. *International Crane Foundation, Baraboo, Wisconsin* 53913, *USA*)

Abstract: Platform Transmitter Terminals (PTTs) were fitted onto four Black-necked Cranes (*Grus nigricollis*) at Dashanbao National Nature Reserve in northeast Yunnan Province on 26 February and 1 March, 2005, to study their migratory routes and stopover sites. Of the four birds, two successfully arrived at their breeding ground in late March and early April. Of the two cranes, one completed its autumn migration in November, 2005 and spring migration in March, 2006. During spring migration, the two cranes crossed over the Jinsha River and then the Dadu River, in the upper reaches of the Yangtze River. They finally arrived in the basins of the Baihe and Heihe Rivers, in the Ruoergai Marsh in the upper streams of the Yellow River. From wintering to breeding areas, these two birds traveled 674 km and 713 km respectively, stopped at three to four sites in Sichuan Province and took three to four days to travel this distance in spring 2005. The bird that completed its fall migration in 2005 took eight days. Based on location data from the PTTs, 13 stopover sites of the four Black-necked Cranes were confirmed in Sichuan Province, with an elevation over 1 900 m above sea level. Of the 13 sites, 11 were located on riversides and the other two were by alpine lakes.

Key words: Black-necked Crane; Satellite tracking; Migration routes; Dashanbao of Yunnan

黑颈鹤 (*Grus nigricollis*) 是唯一一种仅生活在高原的鹤类, 全球约 8 000 只左右 (Archibald, 2005), 为我国国家 I 级重点保护野生动物, 2004 年被世界自然保护联盟 (IUCN) 列为易危物种。黑颈鹤在青藏高原繁殖, 冬季在云贵高原、雅鲁藏布江河谷地区以及不丹越冬 (Li, 2005)。

* 收稿日期: 2007-03-01; 接受日期: 2007-05-14
基金项目: 中国科学院创新重要方向基金资助项目 (KSCS2-SW-119); 国际鹤类基金会 (International Crane Foundation) 资助项目
* 通讯作者 (Corresponding author), E-mail: yangxj@mail.kiz.ac.cn

与环志标记法及雷达跟踪法相比，卫星跟踪技术具有跟踪范围广、时间长，并且可以准确地确定跟踪对象的迁徙时间、地点及迁徙路径等优点。自20世纪80年代末卫星跟踪技术开始应用于鸟类迁徙路线的研究（Seegar et al，1996）以来，目前已对沙丘鹤 *Grus canadensis*（Nagendran et al，1994）、灰鹤 *Grus grus*（Higuchi et al，1994a）、丹顶鹤 *Grus japonensis*（Higuchi et al，1998）、白枕鹤 *Grus vipio*（Higuchi et al，1992，1994b）、蓝鹤 *Anthropoides paradiseaus*（McCann & Shaw，1998）、白头鹤 *Grus monacha*（Higuchi et al，1992，1994b）、蓑羽鹤 *Anthropoides virgo*（Kanai et al，2000）、白鹤 *Grus leucogeranus*（Kannai et al，2002）等8种鹤类进行过卫星跟踪研究，而对黑颈鹤的卫星跟踪是1998年在不丹对1只幼鹤进行过试验研究（Li，2005）。

通过多年环志推测：黑颈鹤在中国有西部、中部、东部三条迁徙路线（Wu et al，1993）。东部迁徙路线的推测主要是依据1986年和1987年在四川若尔盖环志的2只黑颈鹤分别于1987年1988年在贵州草海发现回收而得出的。在黑颈鹤的三条迁徙路线中，东部路线是人口数量最多、人类分布最广，黑颈鹤所受的生存威胁是最大的。Wu et al（1993）还认为云南大山包的黑颈鹤和草海的黑颈鹤来自于同一个繁殖区，因此，都属于东部迁徙路线，但是黑颈鹤具体的迁徙路线和中途停歇地、停歇时间等信息尚无报道。为了弄清黑颈鹤东部种群迁徙的上述问题，有利于黑颈鹤东部种群迁徙路线的保护和管理，我们于2005年2月—2006年3月利用卫星跟踪技术对在云南大山包越冬的黑颈鹤进行了迁徙研究。

1 研究地点与方法

1.1 研究地点

大山包黑颈鹤国家级自然保护区位于云南省昭通市昭阳区境内，地理坐标为东经103°14′55″—103°23′49″，北纬27°18′38″—27°29′15″，总面积19 200 hm²。大山包地处云贵高原乌蒙山系，五莲峰山脉主峰的高原面上，地势较为平坦开阔，海拔在3 000—3 200 m之间，山丘相对高差50—100 m，山体浑圆，坡度平缓，境内河流属长江上游金沙江水系。在高原面上，植被主要为亚高山沼泽化草甸，湿地及水域总面积584 hm²。大山包湿地分布点较多，多属于亚高山湖泊、水库和沼泽化草甸湿地，其中面积较大的湿地主要分布在跳墩河、大海子、勒力寨、秦家海子、燕麦地水库、畜牧站等地。这些湿地在冬季水位下降，浅水区面积增加，为越冬黑颈鹤提供了良好的栖息地。

目前大山包越冬的黑颈鹤数量已由1990年的300只（Wang & Hu，1990）增加到2004年的1 176只（Yang，2005），是云贵高原上最大的黑颈鹤越冬种群。其中大海子、跳墩河是黑颈鹤集中夜宿场所。大海子水库水位较低，集水面积350 hm²，蓄水面积80 hm²，平均水深2.5 m，水库浅水区和周围湿地面积大，是大山包黑颈鹤最集中的夜宿地。跳墩河水库是大山包蓄水容量最大的水库，集水面积1 770 hm²，蓄水面积337.5 hm²，平均水深6.5 m，水库边缘浅水区和周围沼泽面积较大，也是大山包黑颈鹤的主要夜宿地之一。

1.2 研究方法

1.2.1 研究对象与卫星信号发射器（PTTs）2004年12月—2005年1月，采用"排扣套脚法"捕捉到4只黑颈鹤，其中2只来自于大海子夜宿地；另外2只来自跳墩河。捕到黑颈鹤后，在临时搭建的饲养棚（8 m × 8 m × 4 m）中饲养。在确定黑颈鹤健康的情况下，2005年2月将卫星信号发射器（PTTs）用聚四氟乙烯的带子捆绑在鹤背上。带子在鹤的胸前交叉，末端用可降解的缝合材料缝合，一段时期后PTTs可自行脱落（Dwyer，1972；Nagendran et al，1994）。佩戴PTTs的黑颈鹤在其捕捉原地释放。PTTs编号分别为55981、55982、55983和55984（后文中分别用PTT编号代表佩戴PTT的黑颈鹤编号）（表1）。

本研究采用Microwave Telemetry Inc生产的PTT-100型卫星信号发射器，长94 mm、宽33 mm、高30 mm，天线长178 mm，重95 g。PTTs重量占佩戴PTTs的黑颈鹤体重的1.3%—1.7%，（佩戴PTTs的黑颈鹤体重为5.5—7.5 kg）。根据黑颈鹤的生活习性，我们设计PTTs的发射方案为连续6 h开、12 h关的循环方式发射信号，其发射的脉冲间隔为45—120 s。按照这种设置，电池预期寿命为500天。PTTs发射的信号通过Argos卫星系统上的空间传感器接收并将信号转送到地面接收处理中心，经该中心计算机处理，得到跟踪对象某一时间所在地点的经度、纬度、海拔等信息，最后将这些信息通过电子邮件于北京时间每天早上6：00传送给研究者。

1.2.2 卫星数据 由于卫星接收到信号强度的差异

造成其得到的 PTTs 定位精确度也有一定的差异，Argos 系统在 1992 公布了 Z、B、A、0、1、2、3 等 7 个精度等级（Location Class，简称 LC），其中 LC 为 3 的定位精确度在 150 m 以内；LC 为 2 的定位精确度在 150—350 m 范围内，LC 为 1 的定位精确度在 350—1 000 m 范围内；LC 为 0 的定位精确度 1 000 m 之外；LC 为 Z、B、A 的数据是由于信号频率不稳定造成的，所以不能估算其误差范围。因此，仅 LC 为 0、1、2、3 的数据为“可用数据”。这 4 只黑颈鹤迁飞期间共接收到 172 个数据，平均每只鹤每天收到 6 个卫星数据，其中 LC 为 0 的占 21.5%，LC 为 1 的占 15.1%，LC 为 2 和 3 的共占 15.1%。

1.2.3 实地调查 2005 年 3—5 月，佩戴 PTTs 的黑颈鹤处于越冬地期间，我们定期对其活动地点进行考察。待黑颈鹤相继开始春季迁徙并到达繁殖地后，我们于 2005 年 6 月 1—19 日对黑颈鹤从迁飞开始至迁飞结束的整个迁飞过程中记录的精度等级为 1、2 和 3 的数据定位地点进行了实地考察，收集这些地点的栖息地类型、海拔、对黑颈鹤保护现状等数据。2005 年春季共收到卫星跟踪黑颈鹤 12 个迁徙停歇地，我们直接到达了 7 个地点，另外有其他 5 个地点由于精度等级为 0，定位精确度低，或者该地点地形险峻，当时气候恶劣等原因不能到达。2005 年秋季和 2006 年春季的迁徙停歇地共 7 个，其中 6 个停歇地与 2005 年春季的地点相同。为了了解气候与黑颈鹤迁徙的关系，我们从云南省昭通市昭阳区气象局收集到 2005 年 3、4 月份大山包每日的气温，也收集了卫星跟踪黑颈鹤在 2005 年春季迁徙过程中在迁离每一停歇地的当日当地气温。

2 结 果

2.1 迁徙时间

2005 年春季，55982、55983 和 55984 号黑颈鹤在释放后的一二天内融入鹤群，至迁飞前一直在保护区内，活动范围较固定，行为也都很正常。在迁飞前 20 天，通常在大山包跳墩河过夜的 55983 与大海子的黑颈鹤集群夜宿，为迁徙做准备。55982 和 55984 至迁飞前则始终在大山包大海子夜宿。55981 自释放至 3 月 15 日在释放地活动，从 3 月 16 日至 4 月 29 日迁徙前这段时间一直单独活动。

2005 年 4 月，4 只黑颈鹤相继离开越冬地大山包进行春季迁徙，55982 于 4 月 4 日开始迁徙，迁徙途中停歇 4 次，4 月 6 日到达繁殖地若尔盖县黑河边嫩哇乡向东牧场，迁徙距离是 713 km（表 1，图 1），随后一直在该地附近活动，至 2005 年 8 月 22 日卫星信号消失，PTT 正常工作 168 天；55984 于 4 月 6 日开始迁徙，途中停歇 4 次，迁徙路线与 55982 大致相同，到达若尔盖县白河边唐克乡军马场，

表 1 卫星跟踪黑颈鹤的迁徙情况

Tab. 1 Migration information of the Black-necked Cranes with PTTs in 2005

信号发射器号 PTT ID No.	释放时间 Release date	释放地点 Release site	迁离时间 Departure date	始飞地点 Departure site	停歇次数 Number of stopover sites	到达时间 Arriving date	到达地点 Arriving site	总时间 Migration duration (d)	距离 Migration distance (km)
55981	2005-02-26	云南省昭通市大山包乡跳墩河	2005-04-30	云南省鲁甸县转山包乡石板沟村	—	—	—	—	—
55982	2005-03-01	云南省昭通市大山包乡大海子	2005-04-04	云南省昭通市大山包乡大海子	4	2005-04-06	四川省若尔盖县嫩哇乡向东牧场	3	713
55983	2005-02-06	云南省昭通市大山包乡跳墩河	2005-04-09	云南省昭通市大山包乡大海子	—	—	—	—	—
55984	2005-03-01	云南省昭通市大山包乡大海子	2005-04-06	云南省昭通市大山包乡大海子	4	2005-04-09	四川省若尔盖县唐克乡军马场*	4	674
			2006-03-28	云南省昭通市大山包乡大海子	3	2006-03-30	四川省若尔盖县唐克乡军马场	3	666
			2005-11-18	四川省若尔盖县唐克乡军马场	4	2005-11-25	云南省昭通市昭阳区大山包大海子	8	686

在 2005 年春季迁徙前，55981 和 55983 起飞地点与释放地点（或捕捉地点）不同，其中大山包跳墩河与大海子间的距离 7.6 km，大山包跳墩河与鲁甸县转山包间的距离是 16.0 km。

*四川省若尔盖县唐克乡军马场与甘肃省玛曲县黄河边活动地点间的距离是 32.6 km。

55983 和 55981 号黑颈鹤释放地点与始飞地点间的距离分别是 7.6 km 和 16.0 km。55984 号黑颈鹤春季迁徙到达地点与夏季繁殖季节活动地点间的距离是 32.6 km。

The distances between the release site and the departure site of the Black-necked Crane of PTT 55983 and 55981 are 7.6 km and 16.0 km respectively. The distance between the arriving site in spring and the breeding site in summer of the Black-necked Crane with PTT 55984 is 32.6 km.

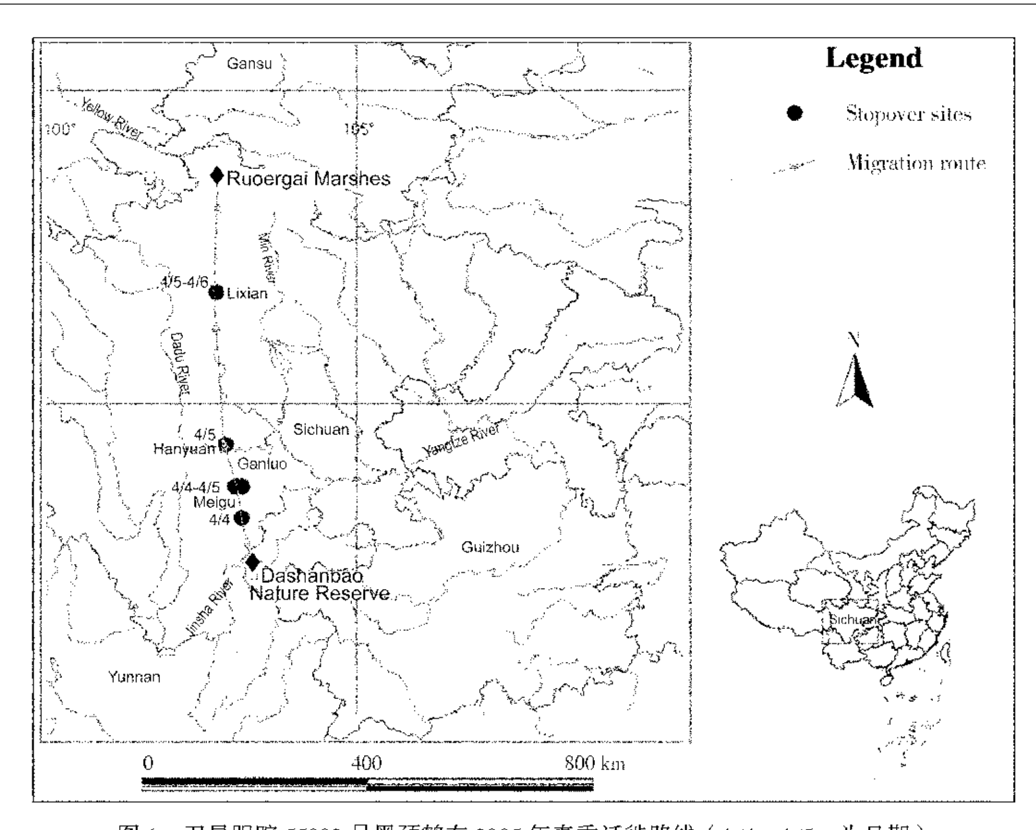


图 1 卫星跟踪 55982 号黑颈鹤在 2005 年春季迁徙路线（4/4，4/5…为日期）
Fig. 1 Migration route of Black-necked Crane with PTT ID 55982 in spring 2005
The numbers, such as 4/4, 4/5, are the dates.

迁徙距离是 674 km（表 1，图 2）。55984 在繁殖地期间活动范围较固定，在甘肃省玛曲县内靠近黄河附近的沼泽中活动。2005 年 11 月 16 日，55984 从玛曲县转移到若尔盖县内白河边，11 月 18 日开始迁徙，途中停歇 4 次，在一个停歇地停留时间最长达 5 天，共用 8 天完成秋季迁徙，11 月 25 日到达越冬地大海子。2006 年 3 月 28 日，55984 开始又一次春季迁徙，中途停歇 3 次，3 月 30 日到达繁殖地若尔盖县白河边，后来在玛曲县黄河边稳定下来。2006 年 6 月 10 日，55984 卫星信号消失，该信号发射器正常工作 519 天，到达预期使用寿命。从卫星跟踪结果可以看出：55984 的繁殖地、越冬地、迁徙路线较固定（表 1，图 2）。55983 和 55981 分别在 4 月 9 日和 4 月 30 日开始迁徙，于 4 月 12 日和 5 月 4 日相继在迁徙途中四川省汉源县内卫星信号消失（图 4）。

2.2 迁徙方向和路线

通过对 2005 年 2 只成功到达繁殖地的 55982 和 55984 号黑颈鹤及 2006 年再次返回繁殖地的 55984 号黑颈鹤的 3 次春季迁徙路线上看，其迁徙路线大致相同：沿四川盆地与青藏高原过渡地带依次沿长江上游支流金沙江、大渡河到达黄河上游若尔盖湿地（图 1，图 2），迁徙前两天是向北偏西方向飞行，第三天及以后直到繁殖地几乎为正北方向飞行。但不同的鹤或不同年份迁徙时间、停歇地点有些差异。55984 秋季迁徙路线与春季迁徙路线相比较，路线相同，但停歇地点和停歇时间有明显的变化。

2.3 中途停留时间和飞行距离

从 2 只成功到达繁殖地黑颈鹤的 3 次春季迁徙来看：黑颈鹤一般在白天迁徙、晚上休息。黑颈鹤迁徙的第一、二天常在中途有停歇，其中迁徙当天飞行距离较短，平均飞行距离为 120.3 km，并且在中途多停歇 1 次，每次飞行的距离为平均 72.2 km，第二天的平均飞行距离为 242.3 km，明显长于第一天，并且与第一天一样，多在中途有 1 次停歇，每次飞行的距离是平均 145.4 km，也长于第一天，而第三天的飞行距离平均为 283.7 km，长于第一、二天，且在中途没有停歇（表 2）。

在 2005 年春季，成功到达繁殖地的 2 只黑颈鹤，在迁徙途中共停歇 8 次，平均停歇 4 次/只，1.6 次/天，其中 3 次是在白天、5 次是在晚上，两次停歇间的平均飞行距离是 123.6 km，其中第一

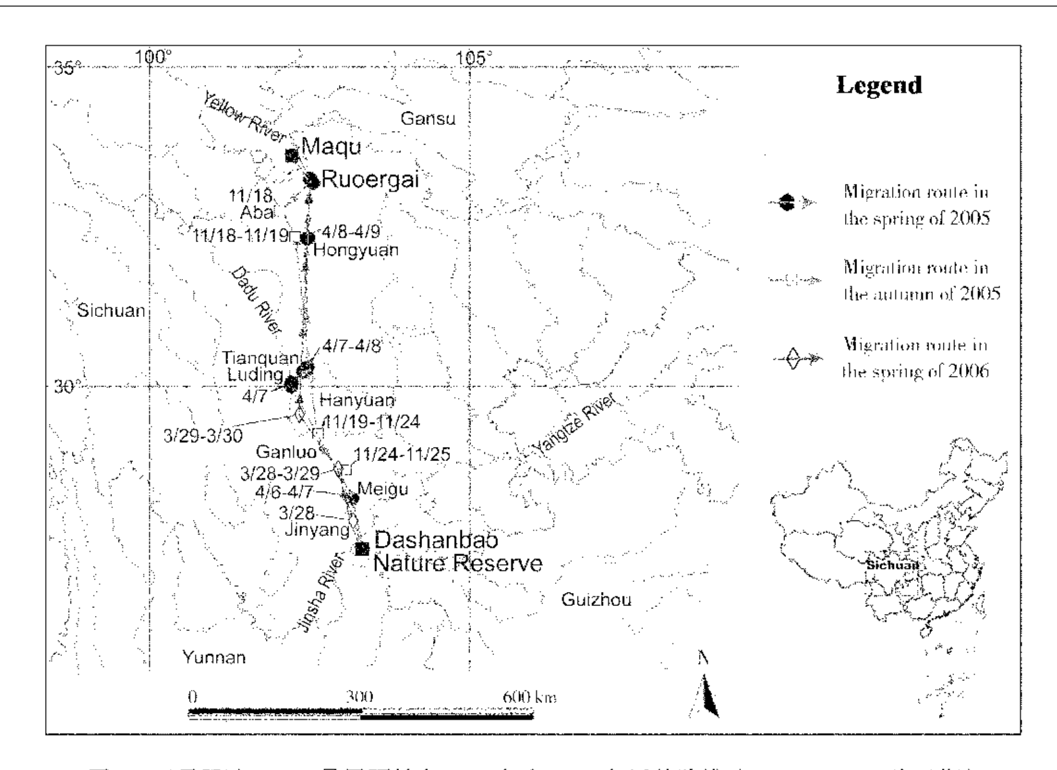


图 2 卫星跟踪 55984 号黑颈鹤在 2005 年和 2006 年迁徙路线（3/28，3/29…为日期）

Fig. 2 Migration routes of Black-necked Crane with PTT ID 55984 in 2005 and 2006

The numbers，such as 3/28，3/29，are the dates.

表 2 卫星跟踪黑颈鹤迁徙时日飞行距离

Tab. 2 Daily traveling distances of the two Black-necked Cranes with PTTs（km）

信号发射器编号 PTT ID No.	开始迁徙日期 Departure date	第 1 天 Day 1	第 2 天 Day 2	第 3 天 Day 3	第 4 天 Day 4	第 5 天 Day 5	第 6 天 Day 6	第 7 天 Day 7	第 8 天 Day 8
55982	2005-04-04	136（81，55）*	355（77，278）*	222					
55984	2005-04-06	90	244（222，22）*	236	104				
55984	2006-03-28	135（53，82）*	128	403					
55984	2005-11-18	123（74，49）*	354	0	0	0	0	61	148

*表示当天白天停歇过，括号内数字分别表示停歇前和停歇后的飞行距离。（The Black-neck Crane had stopped one time at some site by day）

天每次飞行距离平均为 75.3 km，第二天为 149.8 km，第三天增加为 229.0 km。迁徙总距离平均为 693.5 km。

从 2 只黑颈鹤 3 次春季迁徙和 1 只黑颈鹤 1 次秋季迁徙来看：与春季迁徙相比，秋季迁徙所用的时间较长，主要是在停歇地停留的时间较长，长达 5 天，但再次起飞迁徙时当天的飞行距离仍较近（表 2）。

2.4 停歇地生境状况

本研究中 4 只黑颈鹤在信号发射器正常工作的情况下确定了 13 个迁徙停歇地（表 3），行政区划分布在四川省的金阳县、美姑县、甘洛县、石棉县、汉源县、泸定县、天全县、理县、红原、阿坝县等 10 个县中。黑颈鹤的停歇地都在湿地内，其中有 11 个停歇地是在长江上游多个支流的河滩地；另外 2 个停歇地是在高山沼泽湖泊草甸（表 3）；除汉源县大渡河畔的停歇地海拔为 900—1 200 m 外，其他地点的海拔在 1 900—4 200 m 之间（表 3）；停歇地还有以下特征：近水源、动植物食物充足（有的距离耕地较近）、灌丛、草地且视野开阔的自然环境，一般外界干扰较少，虽然有的在村庄、公路附近夜宿，但夜里那里人为活动仍然相对较少。这样，黑颈鹤的迁徙停歇地与越冬地、繁殖地的栖息环境大致相近，如海拔高度、栖息地类型、植被类型等。

停歇地所在的 10 个县中每个县内都已经建立了不同保护级别的保护区，其中美姑县、天全县、红原县内 3 个保护区已经掌握了黑颈鹤在当地的活

动时间和活动地点等信息，并把黑颈鹤列为该保护区的保护对象之一。本研究中发现黑颈鹤的停歇地绝大多数都在保护区之外，只有占 15.4% 的停歇地分布在保护区内（表 3），而且金阳县、甘洛县、石棉县、汉源县、泸定县、阿坝县都是首次记录有黑颈鹤分布。

2.5 黑颈鹤迁徙时的气候因子

气象数据显示：云南大山包 2005 年 3 和 4 月份的日气温在 -5.2—20℃之间波动（图 3），平均值是 7.8℃，期间有 6 次寒流袭击，寒流袭击时气温骤然下降至 0℃或接近 0℃。这两个月间，晴天占 62.3%、阴雾天气占 24.6%、雨雪天气占 13.1%。本研究中黑颈鹤分别在 2005 年 4 月 4 日、6 日、9 日、30 日从大山包开始迁徙，这 4 天天气均为晴，气温在 8.1—12.5℃之间。

在鸟类的迁徙过程中，其飞行速度、迁徙时间等也同样受气象因素的影响，从 2005 年春季黑颈鹤迁离停歇地当天的气象数据可以看出（表 4）：天气主要以晴为主、无降水，气温都在 13.2℃以上，平均 19.6℃。

2.6 失去联系的黑颈鹤情况

本研究中有 55981 和 55983 两只黑颈鹤在 2005 年春季迁徙中途卫星信号消失，其中 55983 于 2005 年 4 月 9 日开始迁徙，至 12 日上午在大渡河河边失去卫星信号。在卫星信号消失 11 天后即 4 月 25 日又突然收到卫星数据，持续 3 天后，在 4 月 27 日卫星信号再次消失；55981 在 2005 年 4 月 30 日开始迁徙，是本次研究中 4 只鹤中最晚迁徙的，

表 3 卫星跟踪黑颈鹤的迁徙停歇地概况

Tab. 3 Habitats of stop-over sites used by Black-necked Cranes with PTTs

停歇地序号 Stopover area No.	所在地点 Stopover sites	鹤停歇只次 Bird times	栖息地类型 Habitat type	海拔 Elevation (m)	保护状况（是否在保护区内）Within reserve (yes or no)
1	四川省金阳县内，金阳河附近	2	高山沼泽湖泊草甸	1 900—2 600	是
2	四川省美姑县内，溜筒河附近	2	河滩	3 000	否
3	四川省美姑县与甘洛县交界，马边河附近	4	河滩	2 300—3 500	否
4	四川省甘洛县斯觉镇，高山台地内	1	高山湖泊	2 000	否
5	四川省甘洛县与汉源县交界，大渡河附近	2	河滩	2 100—2 400	否
6	四川省石棉县内，大渡河附近	1	河滩	2 200	否
7	四川省汉源县内，大渡河附近	1	河滩	1 200	否
8	四川省汉源县内，大渡河河和流沙河附近	3	河滩	900—2 400	否
9	四川省泸定县内，大渡河附近	1	河滩	3 000	否
10	四川省天全县内，天全河附近	1	河滩	3 600	是
11	四川省理县内，杂谷脑河附近	1	河滩	4 200	否
12	四川省红原县内，白河附近	2	河滩、沼泽草甸	3 600	否
13	四川省阿坝县内，阿曲河附近	1	河滩	3 500	否

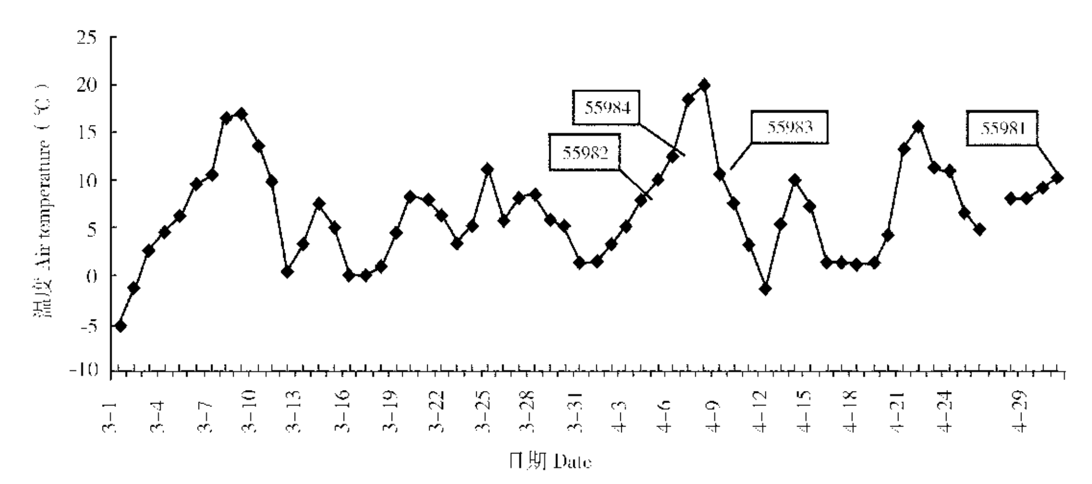


图 3 2005 年黑颈鹤迁离前和迁离期间大山包的气温变化
（标注卫星信号发射器号表示戴此信号发射器的鹤当天迁离大山包）
Fig. 3 Daily air temperature at Dashanbao in spring 2005
Dates with PTT numbers are the first days when marked cranes started to leave Dashanbao.

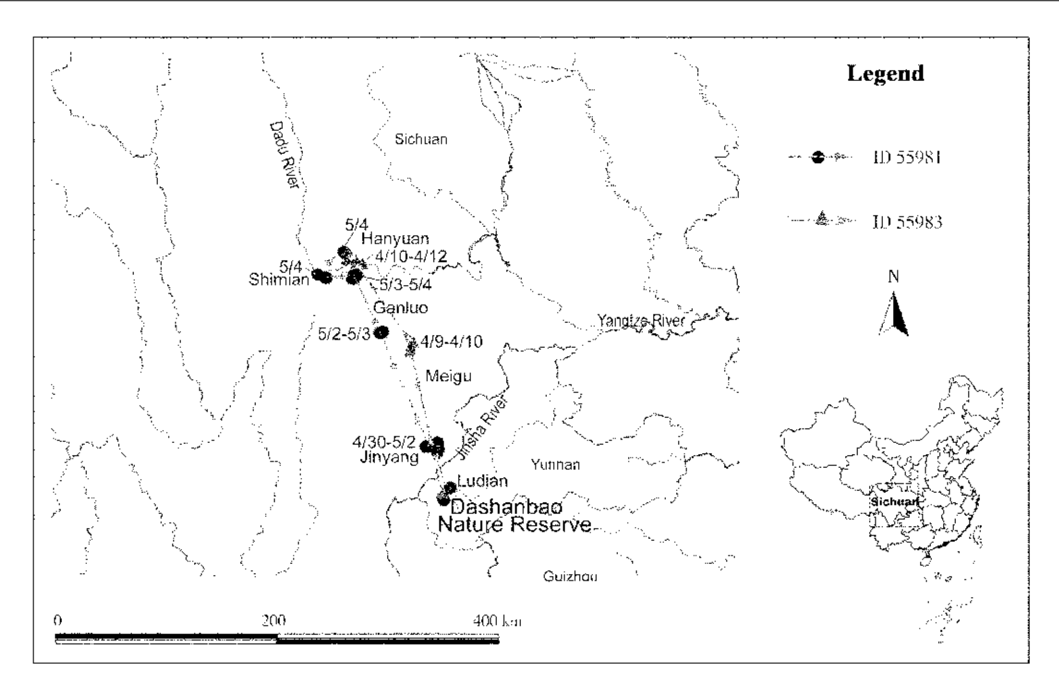


图 4 卫星跟踪 55981 和 55983 号黑颈鹤在 2005 年春季的迁徙路线（4/9，4/10…为日期）

Fig. 4 Migration routes of two Black-necked Cranes with PTT ID 55981 and 55983 in spring 2005

The numbers, such as 4/9, 4/10, are the dates.

表 4 黑颈鹤迁离各栖息地的当日气象数据

Tab. 4 Air temperature and cloudiness for the days when Black-necked Cranes with PTTs left wintering and stopover sites in Yunnan and Sichuan Provinces

日期 Date	信号发射器编号 PTT ID No.	停歇地所在县区 Stopover sites	天气 Weather	气温 Air temperature (℃)
2005-04-05	55982	汉源县	晴	20.4
2005-04-08	55984	天全县	多云	20.6
2005-04-05	55982	美姑县	晴	14.5
2005-04-10	55983	美姑县	阴转晴	13.2
2005-04-07	55984	美姑县	晴	20.5
2005-05-02	55981	金阳县	晴	24.5
2005-05-04	55981	甘洛县	多云转晴	23.8

并且也是大山包越冬种群中最晚迁徙的鹤，它在迁飞过程中每两次停歇之间的飞行距离较其他 3 只鹤的飞行距离短（图 1、图 2、图 4），在 21—126 km 之间，平均 50.0 km。在 5 月 4 日失去卫星信号。

3 讨 论

本研究首次通过卫星跟踪确定了黑颈鹤东部种群的迁徙路线：每年春初，沿云贵高原向青藏高原的过渡地带、青藏高原东缘与四川盆地过渡的高山峡谷地带飞行，即从乌蒙山脉上的昭通，经过四川凉山州的金阳、美姑、甘洛，进入雅安市的石棉、汉源、天全，北上沿邛崃山脉至松潘草地内的若尔盖湿地。黑颈鹤秋季迁徙是由松藩草地沿邛崃山脉、沿大渡河南下，经过了雅安、汉源，进入凉山州，到达乌蒙山脉的越冬地。Wu et al（1993）经过 5 年的环志研究，认为黑颈鹤东部种群秋季的迁徙路线：由松潘草地沿邛崃山脉、岷江流域南下，经雅安、荥经、乐山、宜宾，而到达乌蒙山脉的湖泊越冬。其中在雅安及其附近的荥经曾采集到 2 只黑颈鹤标本（Schafer，1938；Li，1986），在乐山和宜宾并没有过黑颈鹤标本或环志黑颈鹤的回收记录。我们研究的结果与 Wu et al（1993）的推断有所不同，即卫星跟踪黑颈鹤并没有经过乐山和宜宾，而是经过了凉山州，从卫星跟踪显示的迁徙路线和迁徙方向上看，黑颈鹤是沿青藏高原东缘向四川盆地过渡的高山峡谷地带飞行，在迁徙过程中，明显地避开了海拔较低、人口稠密的四川盆地。

黑颈鹤的栖息地包括越冬地、迁徙停歇地、繁

殖地都在河流附近，首先越冬地是长江上游支流的金沙江支流；迁徙停歇地依次是金沙江支流、大渡河、流沙河、岷江；繁殖地是黄河上游及其支流白河、黑河河滩地。推测黑颈鹤沿着峡谷迁徙的原因可能有两个：第一，水源充足，因为河谷地带相对山上的气温较高、水源丰富，河流附近的食物（包括动物性和植物性食物）较丰富。黑颈鹤在长距离的飞行后可停在这些地方饮水、寻食，尽快恢复体力以利于继续飞行。第二，把河流作为显著的地面标志确定飞行路线。另外，黑颈鹤的飞行路线几乎是平行于经线的，也可能通过感应地球磁场极性的方法进行定向。

本次卫星跟踪黑颈鹤东部春季迁徙路线研究中迁徙距离分别是674 km 和 713 km，是目前已知鹤类中迁徙距离最短的（Higuchi et al，1994a，b，1996，1998，2004；Kanai et al，2000，2002），而白鹤在所有鹤类中迁徙距离最远，达到4 903—5 586 km（Kanai et al，2002）。同种鹤类不同迁徙路线间迁徙距离差异也较大，如 Higuchi et al（1998）在 1993 和 1994 年对丹顶鹤的两条迁徙路线跟踪结果，迁徙距离分别是 900 km 和 2 200 km。对大山包越冬黑颈鹤种群的跟踪表明，个体间的迁徙距离差异较少，但不同迁徙路线之间是否有明显的差异，有待于进一步研究。

不同种类的鹤以及同种鹤的不同个体间，不但迁徙距离不同，迁徙途中的停歇次数和飞行距离也有所不同（Higuchi et al，1994a，b，1996，1998，2004；Kanai et al，2000，2002）。黑颈鹤在一次迁徙过程中停歇 3—4 次，与其他鹤类相比较，不但迁徙距离短，每次的飞行距离也是所有鹤类中最短的，当然迁徙全程所用的总时间也短；白鹤迁徙距离最远，停歇次数最多，在各停歇地的停歇时间相对较长，达到18—28 天（Kanai et al，2002）。同种鹤的不同个体在同一次迁徙中对同一停歇地的利用程度不同，如 Higuchi et al（1998）对 14 只秋季丹顶鹤迁徙的卫星跟踪表明，其中有 2 只丹顶鹤在黄河口以南停歇，停歇时间分别是 3 天和 25 天。黑颈鹤在迁徙启动当天的迁徙距离较近，第二、三天相对第一天较长，与白鹤相似（Kanai et al，2002），而与其他鹤的结果不同（Higuchi et al，1994a，b，1996，1998，2004）。黑颈鹤春季第一天迁徙距离短，第二天距离最长，但单次飞行距离最长则出现在第三天，而且单次飞行距离也是逐渐增加，这样的结果看起来似乎与黑颈鹤体力有关，但秋季迁徙则在第二天的飞行距离最长，并在第三天以后有 5 天的停歇，从地形地貌等环境条件上看，这与黑颈鹤迁徙途中是否有适宜栖息地可能有更大的关系，但限于本次卫星跟踪的样本数量有限，尚有待于进一步研究。

正常情况下，春季候鸟的迁徙往往紧随着向北挺进的暖峰，在暖峰后气压上升，这时候鸟形成密集的迁飞群（Zheng，1995）。本研究中黑颈鹤春季迁徙启动就是在暖峰后。由这 4 只黑颈鹤迁离越冬地当日的气象数据可以看出：黑颈鹤都是在寒流来临、气温持续几天降温之后，但气温缓慢升高至少 3℃或继升温之后几日内保持较高气温，而且天气晴朗的情况下开始迁徙。因此，可以认为天气和气温是黑颈鹤迁徙启动非常重要的外在因素。黑颈鹤的迁徙启动受气温的影响与其他鹤类有相似之处，1995—1996 年秋季，对白鹤的卫星跟踪研究中发现，白鹤是在繁殖地的最低气温降至约 -5℃的当天开始迁徙的，1996 年秋季降温比 1995 年秋季早，因此白鹤在 1996 年比 1995 年提前迁徙（Kanai et al，2002）。另外，气温的变化不仅决定着黑颈鹤春季的迁徙启动，而且直接影响着它们的迁徙进程。本次研究中，55983 在 2005 年春季迁徙途经四川省汉源县时，当地气温骤然下降的情况下，它向南回迁转至低海拔气温相对较高的大渡河河谷地带。研究发现丹顶鹤也曾有此现象发生。1983—1987 年间，丹顶鹤在春季迁徙中，如果遇到北方较强冷空气，常常会导致北迁的鹤群回迁（Lv & Zhao，1995）。

若尔盖湿地是东部越冬黑颈鹤种群的已知繁殖地。东部种群黑颈鹤越冬地包括云南省昭通市昭阳区、会泽县、鲁甸县、巧家县、寻甸县、永善县及贵州省威宁草海，已知繁殖地若尔盖湿地包括四川省若尔盖县、红原县、阿坝县和甘肃省的玛曲县和碌曲县。但是，东部越冬黑颈鹤的数量有 3 283 只（Yang，2005），而若尔盖湿地内的黑颈鹤不足 1 000 只，两地的数量相差悬殊，因此，黑颈鹤东部种群或者还有未知的繁殖地，目前对繁殖地的黑颈鹤的种群数量调查工作还需要进一步加强。

致谢：感谢云南省林业厅野生动植物保护管理处、四川省林业厅野生动植物保护管理处对于工作上的大力支持；感谢云南大山包国家级自然保护

区管理局的所有工作人员在野外调查的帮助和全力配合；感谢四川省金阳、美姑、甘洛、汉源、天全、理县、红原、若尔盖等县林业局和自然保护区给予工作上的大力支持。

参考文献：

Archibald GW. 2005. Cranes of the World [A]. In: Li FS, Yang XJ, Yang F. Status and Conservation of Black-necked Cranes on the Yunnan and Guizhou Plateau, People' Republic of China [M]. Kunming: Yunnan Nationalities Publishing House, 3-6. [乔 治, 阿其博. 2005. 世界的鹤类. 见: 李凤山, 杨晓君, 杨 芳. 云贵高原黑颈鹤的现状及保护. 昆明: 云南民族出版社, 3-6.]

Dwyer TJ. 1972. An adjustable radio package for ducks [J]. *Bird-banding*, **43**: 282-284.

Higuchi H, Nagendran M, Sorokin AG, Ueta M. 1994a. Satellite tracking of common cranes *Grus grus* migrating north from Keoladeo National Park, India [A]. In: Ueta M, Kurosawa R, Allen D. The Future of Cranes and Wetlands [C]. Tokyo: Wild Bird Society of Japan, 26-31.

Higuchi H, Ozaki K, Fujita G, Soma M, Kanmuri N, Ueta M. 1992. Satellite tracking of the migration routes from southern Japan [J]. *Strix*, **11**: 1-20.

Higuchi H, Ozaki K, Golovuskin K, Goroshko O, Krever V, Minton J, Ueta M, Andronov V, Smirenski S, Ilyashenko V, Kanmuri N, Archibald GW. 1994b. The Migration Routes and Important Rest-Sites of Cranes Satellite Tracked from South-Central Russia [A]. In: Ueta M, Kurosawa R, Allen D. The Future of Cranes and Wetlands [C]. Tokyo: Wild Bird Society of Japan, 15-25.

Higuchi H, Ozaki K, Fujita G, Minton J, Ueta M, Soma M, Mita N. 1996. Satellite tracking of White-naped Crane migration and the importance of the Korean Demilitarized Zone [J]. *Cons Biol*, **10**: 806-812.

Higuchi H, Shibaev Y, Minton J, Ozaki K, Surmach S, Fujita G, Momose K, Momose Y, Ueta M, Andronov V, Mita N, Kanai Y. 1998. Satellite tracking of migration of the Red-crowned Crane *Grus japonensis* [J]. *Ecol Res*, **13**(3): 273-278.

Higuchi H, Pierre JP, Krever V, Andronov V, Fujita G, Ozaki K, Goroshko O, Ueta M, Smirensky S, Mita N. 2004. Using a remote technology in conservation: Satellite tracking White-Naped Cranes in Russia and Asia [J]. *Cons Biol*, **18**: 136-147.

Kanai Y, Minton J, Nagendran M, Ueta M, Auyrsana B, Goroshko O, Kovhsar A F, Mita N, Suwal RN, Uzawa K, Krever V, Higuchi H. 2000. Migration of Desoiselle Cranes in Asian based on Satellite Tracking and fieldwork [J]. *Global Environ Res*, **4**(2): 143-153.

Kanai Y, Ueta M, Germogenov N, Nagendran M, Mita N, Higuchi H. 2002. Migration routes and important resting areas of Siberian Cranes (*Grus leucogeranus*) between northeastern Siberia and China as revealed by satellite tracking [J]. *Biol Cons*, **106**: 339-346.

Li DH. 1986. The distribution of Black-necked Crane in Qinghai-Xizang Plateau [A]. In: Ma YQ. Crane Research and Conservation in China [C]. Harbin: Heilongjiang Education Press, 137-140. [李德浩. 1986. 黑颈鹤在青藏高原上的分布. 见: 马逸清. 中国鹤类研究 (文集). 哈尔滨: 黑龙江教育出版社, 137-140.]

Li FS. 2005. Status and conservation of Black-necked Cranes [A]. In: Li FS, Yang XJ, Yang F. Status and Conservation of Black-necked Cranes on the Yunnan and Guizhou Plateau, People's Republic of China [M]. Kunming: Yunnan Nationalities Publishing House, 44-56. [李凤山. 2005. 黑颈鹤的现状. 见: 李凤山, 杨晓君, 杨 芳. 云贵高原黑颈鹤的现状及保护. 昆明: 云南民族出版社, 44-56.]

Lv SC, Zhao YX. 1995. Spring migration observations of the Red-crowned Crane in winter quarters [J]. *J Nanjing Normal Univ*, **18** (suppl): 88-90. [吕士成, 赵永祥. 1995. 越冬地丹顶鹤春季迁徙观察. 南京师范大学学报, **18**(增刊): 88-90.

McCann KI, Shaw K. 1998. The analysis of Blue Cranes Anthropoides paradiseus movement patterns in South Africa using satellite telementry. In: Adams NJ, Slotow RH. Proc. 22 Int. Ornithol. Congr. Durban, Ostrich, **69**: 363-364.

Nagendran M, Higuchi H, Sorokin AG. 1994. A Harnessing Technique to Deploy Transmitters on Cranes [A]. In: Ueta M, Kurosawa R, Allen D. The Future of Cranes and Wetlands [C]. Tokyo: WildBird Society of Japan, 57-60.

Schafer E. 1938. Ornithologische ergebnisse zweier forschungsreisen nach Tibet [J]. *J Ornithol*, **86**: 106.

Seegar WS, Cutchis PN, Fuller MR, Suter JJ, Bhatnagar V, Wall JS. 1996. Fifteen years of satellite tracking development and application to wildlife research and conservation [J]. *Johns Hopkins App Tech Digest*, **17**(4): 305-315.

Wang ZJ, Hu ZH. 1990. Discovery of Black-necked Crane in Dashanbao in Zhaotong, Yunnan province [J]. *Chn Wildl*, **11**(4): 47. [王紫江, 胡志浩. 1990. 云南昭通大山包发现黑颈鹤. 野生动物, **11**(4): 47.]

Wu ZK, Li ZM, Wang YH, Jiang YM, Li RX. 1993. Migration of Black-necked Cranes in China [J]. *Acta Zool Sin*, **39**(1): 105-106. [吴至康, 李筑眉, 王有辉, 江亚猛, 李若贤. 1993. 黑颈鹤迁徙研究初报. 动物学报, **39**(1): 105-106.]

Yang F. 2005. Report on a Three Year Survey of Black-necked Cranes on the Yunnan and Guizhou Plateau [A]. In: Li FS, Yang XJ, Yang F. Status and Conservation of Black-necked Cranes on the Yunnan and Guizhou Plateau, People's Republic of China [M]. Kunming: Yunnan Nationalities Publishing House, 59-64. [杨 芳. 2005. 云贵高原鹤类和大型水禽调查总结. 见: 李凤山, 杨晓君, 杨 芳. 云贵高原黑颈鹤的现状及保护. 昆明: 云南民族出版社, 59-64.]

Yang XJ, Qian FW, Li FS, Gao LB, Wu HQ. 2005. First satellite tracking of Black-necked Cranes in China [J]. *Zool Res*, **26**(6): 657-658. [杨晓君, 钱法文, 李凤山, 高立波, 伍和启. 2005. 中国首次卫星跟踪黑颈鹤研究初报. 动物学研究, **26**(6): 657-658.]

Zheng GM. 1995. Ornithology [M]. Beijing: Beijing Normal University Press. [郑光美. 1995. 鸟类学. 北京: 北京师范大学出版社.]